

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

Molekulare Grundlagen der Selbstorganisation

Die Selbstorganisation kennzeichnet biologische Systeme: Aus einer apathischen Ansammlung von Materie gehen geordnete Moleküle hervor, die sich zu sich wiederholenden Mustern zusammenfinden. Aus Phosphaten, Basen und Zuckern erwächst Stück für Stück die doppelsträngige Helix unseres Erbguts. In jedem Wachstumsschritt ändert das eingebaute Molekül die Eigenschaften des Komplexes und wird zum Ausgangspunkt weiterer chemischer Reaktionen, bis das Polymer ohne äußeres Zutun fertig ist. Einen Anhaltspunkt, wie biologische Systeme sich selbst organisieren, gibt Helmut Cölfen. Der Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung wies nach, dass der biologischen Selbstorganisation eine Selbstorganisation auf molekularer Ebene vorausgeht.

Klassisches Beispiel, wie aus einheitlicher Gleichförmigkeit spontan Muster entstehen, ist die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion: In einer Petri-Schale bilden sich in einer anorganischen Lösung konzentrische Kreise, deren Ringe in einem festen zeitlichen Abstand immer wieder auftauchen. Solch wiederkehrende Muster werden mathematisch als Reaktions-Diffusions-Systeme modelliert, weil die Stoffmenge des Systems nicht nur von den chemischen Reaktionen beeinflusst wird, sondern auch von der Diffusion, also der Durchmischung der Stoffe.

Die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion setzt sich zusammen aus einer Folge von chemischen Reaktionen, die schneller vonstatten gehen, als die gelösten Stoffe diffundieren können. In der flüssigen Phase der Lösung ändern sich die physikalischen Eigenschaften grundsätzlich nicht sprunghaft; es ändern sich aber - und zwar periodisch - die Reaktionsprodukte, die das typische Muster in der Lösung erzeugen. Möglich ist die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion thermodynamisch nur deshalb, weil es sich bei ihr wie bei Lebewesen um ein offenes System handelt, das heißt, es findet ein regelmäßiger Energieaustausch mit der Umwelt statt.

Lebewesen oder biologische Systeme überhaupt sind im Unterschied zur Belousov-Zhabotinsky-Reaktion nicht nur flüssig, sondern besitzen auch feste und gasförmige

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

Bestandteile; man spricht von ihnen als Mehrphasensysteme. Solche hat Cölfen mit dem Reaktions-Diffusions-Modell simuliert und Kreismuster erhalten, die mit denen übereinstimmen, die der Potsdamer Wissenschaftler bei der Kristallisation des giftigen Salzes Bariumkarbonat beobachtet hat. Eine wiederkehrende Abfolge von chemischen Reaktionen ereignet sich daher nicht nur in Lösungen, sondern auch in Mehrphasensystemen - weit ab des thermodynamischen Gleichgewichts. Dazu muss in einer mehrstufigen Reaktionskette ein autokatalytischer oder ein selbsthemmender Reaktionsschritt identifiziert werden, der den Prozess der Selbstorganisation charakterisiert.

„Bemerkenswert ist, dass sich die länglichen, kristallinen Strukturen, aus denen sich die Kreismuster des kristallisierten Bariumkarbonats aufbauen, selbst wieder aus Überstrukturen von Nanopartikeln bestehen, die durch Selbstorganisation entstanden sind“, sagt Cölfen. Die Entdeckung, dass die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion auch im molekularen Größenmaßstab abläuft, weist auf autonome Aktivitäten in immer kleineren Einheiten hin, die für das Verständnis biologischer Musterbildung hilfreich sein könnten. So entstehen beispielsweise die Muster von Muschelschalen gleich wie im Modell des Potsdamer Forschers über eine selbstgesteuerte Kristallisation.